AEROPOLIS 2001

三〇万人の空中都市
『エアロポリス2001』構想

大林組プロジェクトチーム

画／張　仁誠(CHOH JINSEI)

天と地を結びつけるもの、それが都市と建築の思想であるならば、われわれの技術はどこまで空の高みへと近づくことができるのであろうか。今回、大林組プロジェクトチームは、従来の建築スケールを遥かに超えた、五〇〇階に達する高さ二〇〇一メートルの超々高層ビルの建設に挑戦した。それは単に建造物であるばかりでなく、単体で三〇万人の人口を擁する、巨大な空中都市なのである。

「エアロポリス2001」構想 配置図

コンピュータ・グラフィックスで描いた「エアロポリス2001」

一、『エアロポリス二〇〇一』構想の背景

われわれプロジェクトチームが、なぜ二〇〇一メートルの高さの超々高層ビルを夢みたのか。その種明かしから始めよう。

一九五六年、ひとりの建築家がシカゴにおいて「マイル・ハイ」という名のビル建設計画を発表した。建築家の名は、旧帝国ホテルの設計者として知られるフランク・ロイド・ライト。彼の計画案によるビルの高さは、その名称から分かるように一マイル（約一六〇〇メートル）という途方もないものであった。

現在、世界でもっとも高いビル、シカゴのシアーズ・タワーが四四三メートルであることを思えば、ライトの想像力は時代を遥かに飛び超えていた。あるいは超々高層時代の到来を、どこかで予感していたのかもしれない。当時の建設技術で、高さ一六〇〇メートルもの超々高層ビルの建設が実際に可能であったのかどうか、それは問題ではない。むしろ、摩天楼の建設に先駆的かつ中心的役割を果たしてきたアメリカにおいて、建築家の到達した想像力の極みが、一六〇〇メートルであったことを銘記すべきであろう。

このフランク・ロイド・ライトが三〇年以上前におこなった提案が、今回のプロジェクトの「夢の種」となった。

二一世紀を間近にひかえた今日、われわれが最先端技術を結集して超々高層ビルを提案するとしたら、やはりスケール的にも内容面でも、夢の種を育てるものでなければならないだろう。では、その高さは……。その解答のひとつとして、二一世紀のシンボルにふさわしい高さ、二〇〇一メートルを設定したのである。

と同時に、二〇〇一メートルの高さは、必然的にもうひとつの大きな効果を生み出す。それは、一一〇〇万平方メートルという膨大な有効床面積である。現在、日本で一番高いサンシャイン60ビル（池袋）の延床面積が、約二五万平方メートル。こうした既存の超高層ビルと比較すると、二〇〇一メートルの超々高層ビルは比類のない大空間を現代にもたらす。その建設は、単体としての建築スケールを超えて、新しい何かが誕生すると考えるべきであろう。それはつまり、ビル単体にしてすでに都市なのである。

二〇〇一メートルの高さ、そして都市に匹敵するスケール……それはまさに「空中都市」と呼ぶにふさわしい。そこでわれわれは、今回のプロジェクトを『エアロポリス二〇〇一』構想と名付け、具体的な建設計画の検討をおこなった。

二、『エアロポリス二〇〇一』へ、ようこそ

①午前四時……
サンライズ・ウォッチング

東京湾上にそびえるエアロポリス二〇〇一。その最先端部に、朝の太陽のひとしずくが、かすかな光を与える。高さの異なる三角柱を巧みに束ね合わせた三重螺旋の美しい造形が、軽やかに、ひたすら空の高みをめざしたその頂き……地上二〇〇一メートルの地点。ここは、人間が創った空間としては「日本一朝が早く、夜が遅い場所」である。

この時間、五〇〇階のクリスタル・ビュー・ルーム（展望室）には、すでに数十人の人影がみえる。深夜のジェット機で空港に着き、エアロ・ライナーで海底トンネルを抜けて、エアロポリスへとやって来た外国の研究者やビジネスマンたちである。

雲海を従え、視界のとどく限りの果てから太陽が昇ってくる。地球スケールの雄大な夜明けの光景に、彼らは一様に宇宙感覚にも近い感動を受けたであろう。あるいは、シナイ山に登ったモーセのように、深い啓示の前に身をゆだねたかもしれない。実際ここは、東京都でもっとも高い雲取山の頂上に等しい高みなのである。

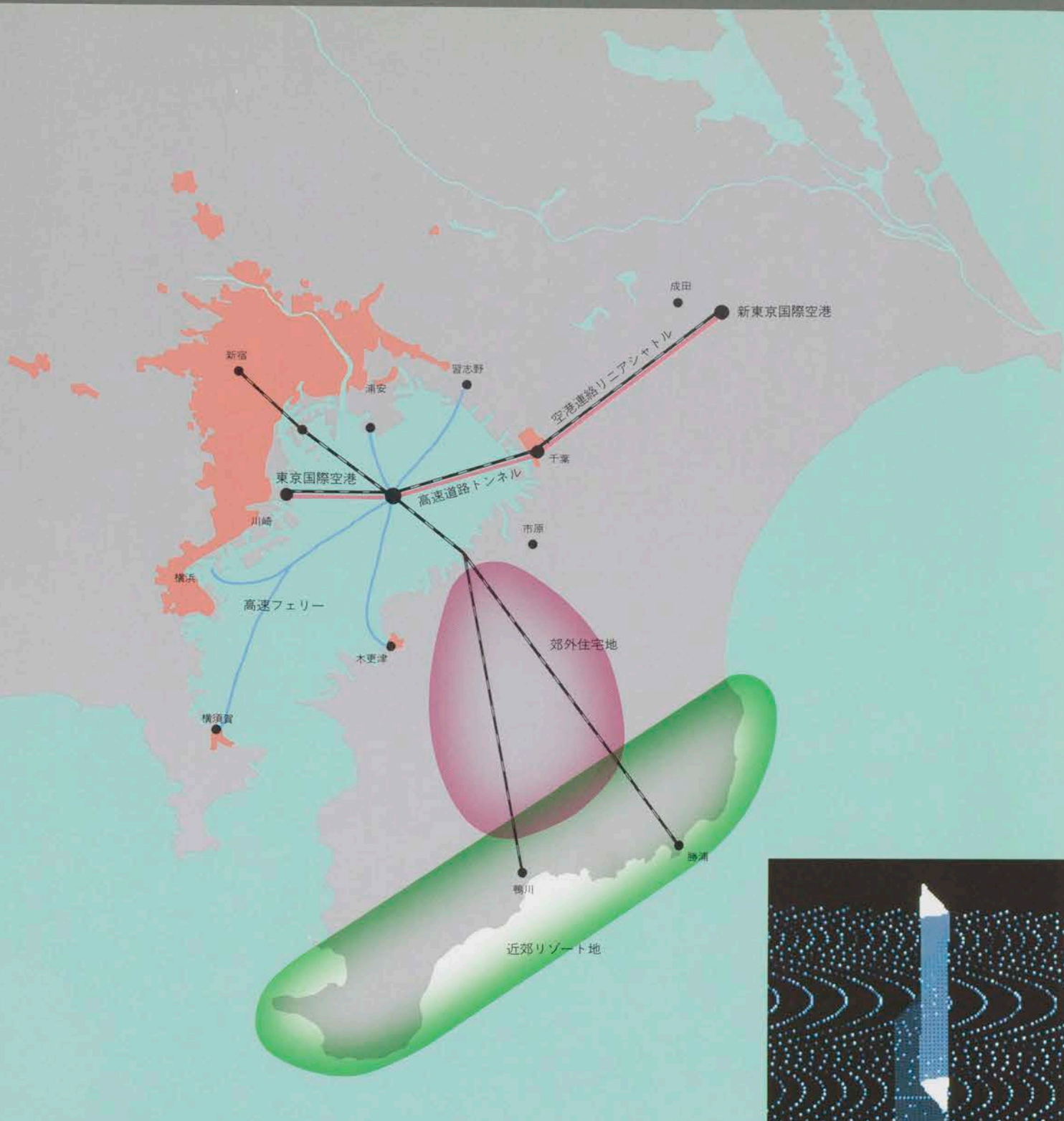
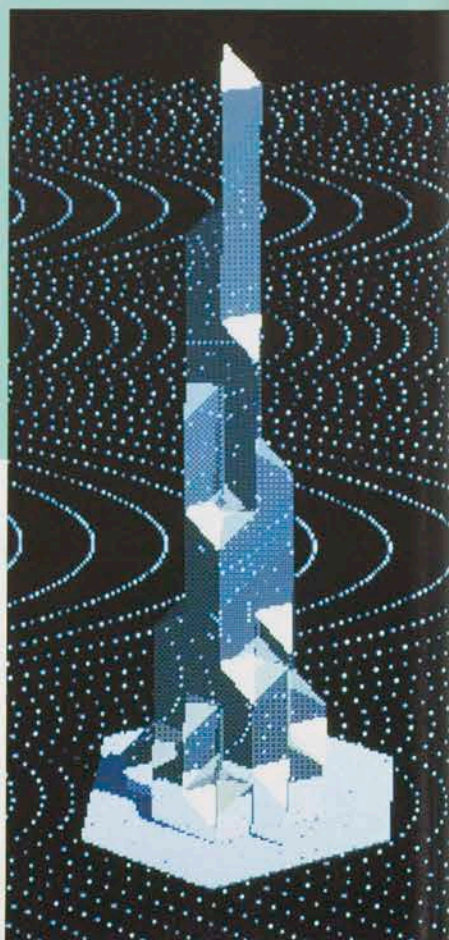
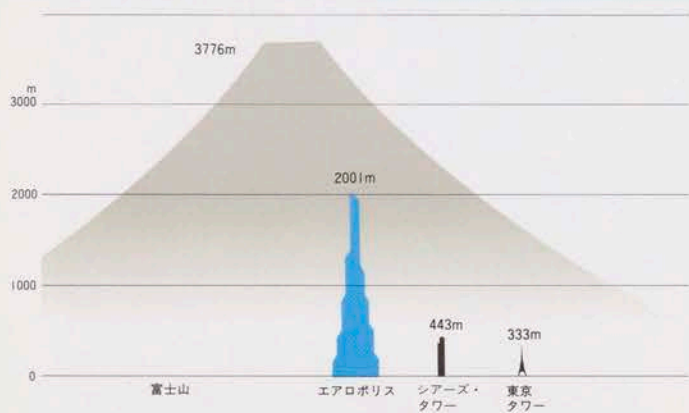
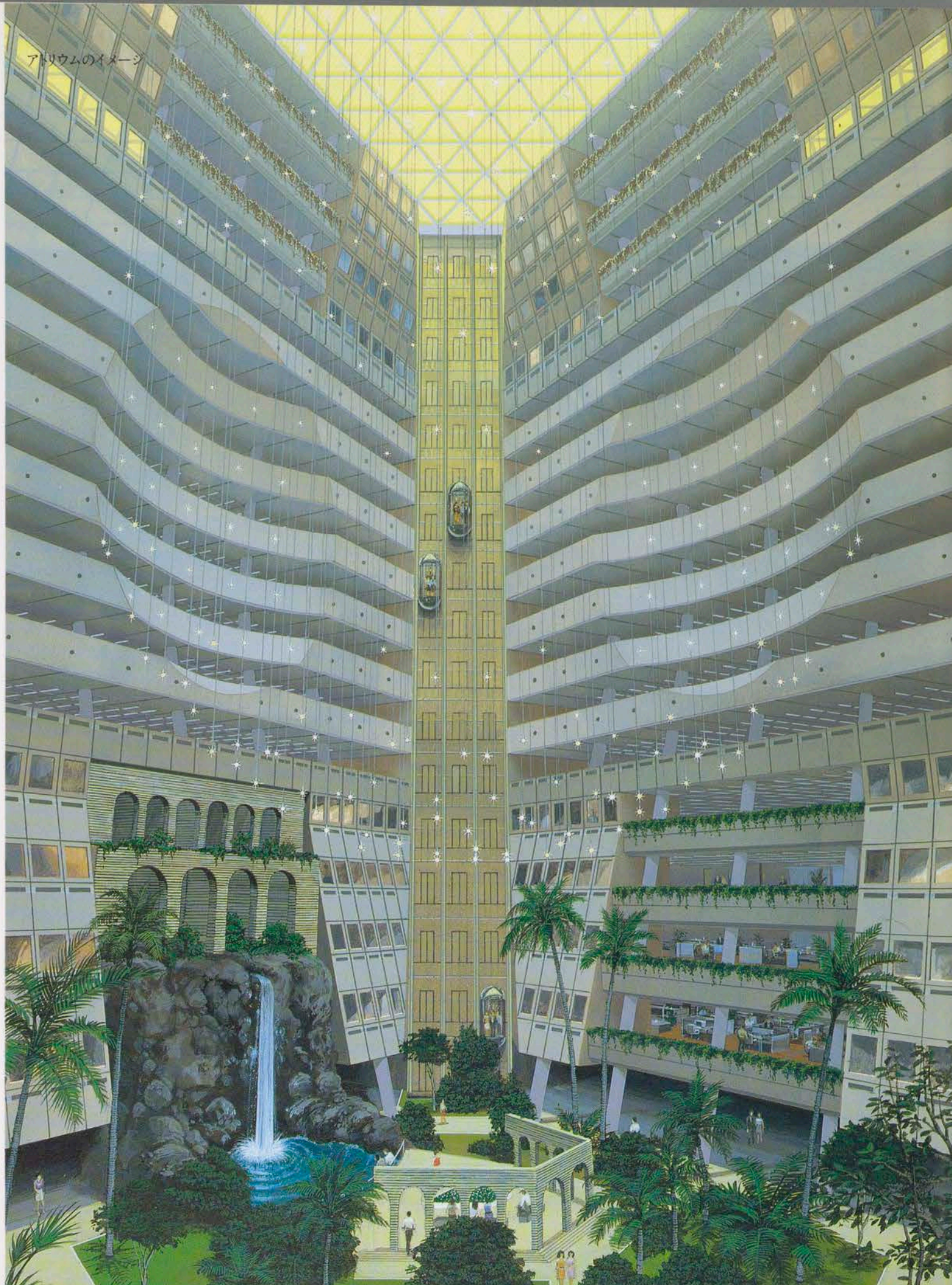
エアロポリスの夜明け、それはいま密かなブームとなっている。エアロポリスがパシフィック・エリア（環太平洋経済圏）のシンボルとして竣工して以来、この神秘的なサンライズ・ウォッチングを楽しむため、深夜着のジェット便の人気が高まっているほどだ。

やがて太陽の光が、強化ガラスパネルの外壁をゆっくりと降りはじめると、薄明の中のシルエットが少しずつ形を現わしてくる。天上の神々の時間が、エアロポリスの壁を伝って地上へと降りて来るひと時でもある。夜の間に壁面に張り付いた氷滴がゆるみ、白く光る風に消えていく。そこは、自然と建築が厳しく対峙した、静寂が支配する世界でもある。

立地構想

エアロポリス二〇〇一は、東京湾の奥、浦安沖約一〇キロメートルの海上に建設するものとした。これは東京の既存の都市集積をそのまま利用しつつ、同時にパシフィック・エリアの首都ともなる新しいシンボルの誕生をめざしたからである。したがって、建物内のオフィス・スペースには、国連施設、多国籍企業、国際研究機関など、世界各国の機関や企業が入り、国際都市を形成している。また、わが国の行政機関をエアロポリスに移転し、遷都の効果をも

アトリウムのイメージ

画／張　仁誠（CHOH JINSEI）

たせる可能性も考慮した。

東京湾を利用する開発計画としては、エアロポリスは埋立面積がきわめて小さく、海に対する影響の少ない手法でもある。

既存市街地とのアクセスは、都心と千葉県市原市を結ぶ高速鉄道(国内ビジネス及び通勤用)、羽田と幕張方面を結ぶ高速道路及びシャトル便の鉄道（羽田、成田との空港連絡用）を設定し、いずれも海底トンネルによってエアロポリスの基盤部に通すこととした。

さらに房総などのリゾート地との連絡用としてホバークラフトや高速船による海上輸送ルートも設定した。

②午前七時三〇分……
グッドモーニング　エアロポリス

アメリカの建築批評家ポール・ゴールドバーガーは、「一九〇〇年以後には、高さへの意思がニューヨーク・シティの圧倒的なイメージとなり、アメリカのすべての都市のイメージはその延長上に成熟していった」（「摩天楼」渡辺武信訳）と語っている。その文脈にならえば、二〇〇〇年以後は、空中に住むことへの意思がＴＯＫＹＯの圧倒的なイメージとなり、世界中のすべての都市のイメージは、その延長上にあるかもしれない。

なぜなら、エアロポリスはオフィス・ビルであるばかりでなく、そこは住宅であり、国際会議場であり、ホテルであり、商店街であり、劇場であり、学校であり、銀行であり、レストランであり、そして行政関連施設であり、要するに人間のあらゆる営みがおこなわれるための「開かれた都市」だからである。

都市としてのスケールを人口でみると、エアロポリスの就業人口は三〇万人、居住人口は一四万人にのぼる。地方都市の規模に匹敵するこの空中都市の中では、働く者と暮らす者とが、同じ次元で生活している。

午前七時三〇分。エアロポリスの住宅に暮らすビジネスマンたちが、目を覚ます平均的な時刻だ。同じエアロポリスにあるオフィスまでは、リニアモータ・エレベータあるいはローカル・エレベータを利用してわずか数分。九時の始業時刻まで、朝の自由時間は十分すぎるほどある。

たとえば早朝のジョギング。トレーニング・ウェアに着替えて、高さ八〇メートルないしは一六〇メートルごとに設置されたスカイデッキ状のアトリウム・プラザへ行けば、樹木の繁った人工庭園の中をめぐる径を自由に走ることができる。彼がもしエアロポリスのちょうど中階の住人ならば、地上一〇〇〇メートルのジョギングを楽しむことができるのだ。

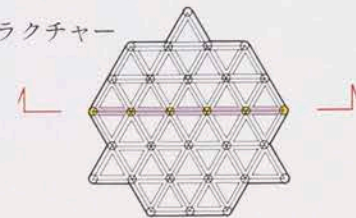
あるいは目覚めたらすぐに、二四時間テレビのスイッチをオンにし、選択ボタンを押して時事ニュースや経済データなど、その日のビジネスに必要な情報をディスプレイから入手することもできる。エアロポリスではあらゆる情報は映像化され、ネットワークによってオフィスばかりでなく住宅へもサービスされている。ビジネスマンによっては、そのまま会社に出勤することなく、在宅勤務に入ることも可能だ。また、一度出勤したビジネスマンも、ランチタイムには自宅に戻り、昼食と昼寝を楽しんでから、再び出勤することもできる。

こうした職住近接型の住宅が、エアロポリス内には七万戸ある。その中心となるのは、海外からの赴任もふくめた単身者用、夫婦用、そして幼児のいる小家族用住宅であり、専有面積は三〇～八〇平方メートル。空中都市における新しいアーバン・ライフを積極的に満喫するための住宅である。その一方で、田園指向のビジネスマンの住宅地としては、千葉県市原市の後背地をニュータウンとして設定し、そこから高速鉄道で通勤するようにした。

内部空間の構成

平面的には、エアロポリスは一辺一〇〇〇メートルの正三角形を基本としている。正三角形の各頂点を結ぶライン上に、業務、居住、商業などの各施設を配置し、中央部は吹抜けとなっている。この正三角形を、上層部から順にダイヤモンド・ゲーム状に増殖させ、全体を構成した（一〇～一一頁参照）。したがって床面積は、下層部ほど大きくなる。全体の有効床面積は一一〇〇万平方メートルであり、高さによる面積配分は地上～五〇〇メートルが全体の五〇%、五〇〇～一〇〇〇メートルが二八%、一〇〇〇～一五〇〇メートルが一五%、そして一五〇〇～二〇〇〇メートルが七%となっている。

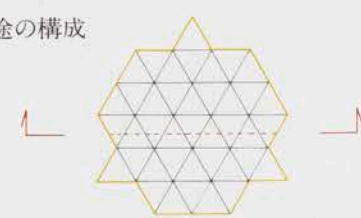
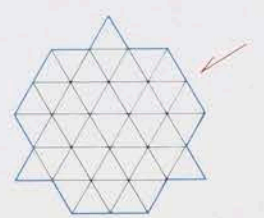
立体的には、高さ八〇メートルをひとつの単位（一ゾーン）として区画した。八〇メートル（地域によっては一六〇メートル）ごとに、吹抜け部分に人工地盤のスカイデッキを設け、アトリウム・プラザとした。そこは、フレネルプリズム(自然光集光装置)や人工照明によって明るさをコントロールできる空間である。また、人工庭園、国際会議場、多目的ホール、ショッピング・センター、公共施設などの大型施設の建設空間でもある。こうした方法により、一ゾーン内に、業務、居住、商業、公共施設などを混在させる形でバランスよく配置し、都市としての融合性をもたせた。一ゾーンは高さ八〇メートル、階高平均四メートルとして二〇階に相当する。全体ではこれが二五層あり、一部設備、機械専用階を含め、計五〇〇階建となる。

つまり、エアロポリスは、高さ八〇メートルごとをひとつの町とし、その集合体と考えることもできる。このゾーン構成は、後述する構造や防災面での考え方の基本単位ともなっている。

内部空間の構成

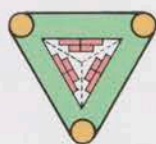
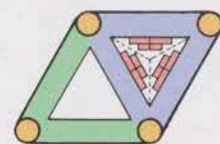
エアロポリスは、高さ80m単位の立体格子のスーパーストラクチャーにサブストラクチャーを入れ子状にはめ込んだ構成となっている。サブストラクチャーで囲まれる三角形の吹抜け空間は、それぞれのエリアごとにアイデンティティーをもった演出がなされ、都市構成の単位となっている。居住空間、業務空間などの各用途は、都市としての融合性を持ちながら分散配置され、光輝く上昇形態はその頂部が空へと吸い込まれていく。

スーパーストラクチャーとサブストラクチャー

吹抜け空間及びリニアモータ・エレベータの構成

用途の構成

立面図

平面的には一辺100mの正三角形を基本とし、これが螺旋状に増殖され2001mの高さに至る。各施設は三角形のライン上に配置され、中央部は吹抜けとなる。施設を設けない部分は横吹抜けとなり、さまざまなアトリウムがアレンジされ、独特の平面形態が生まれる。

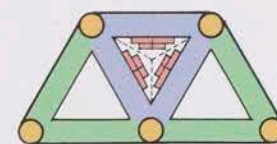
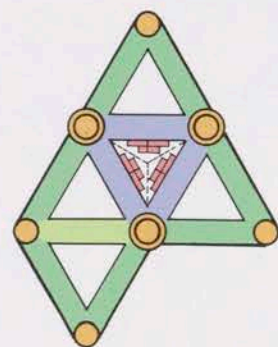
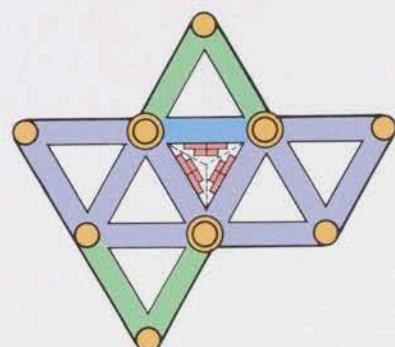
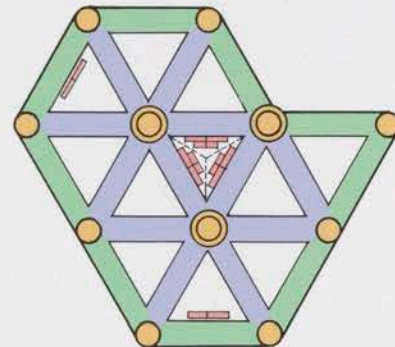
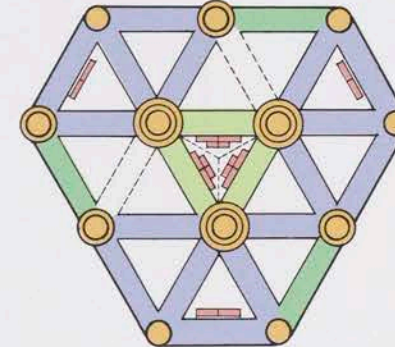
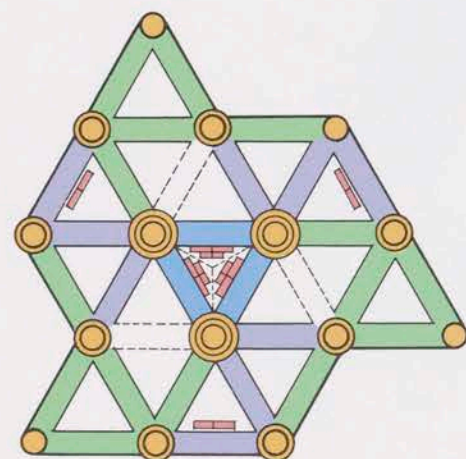
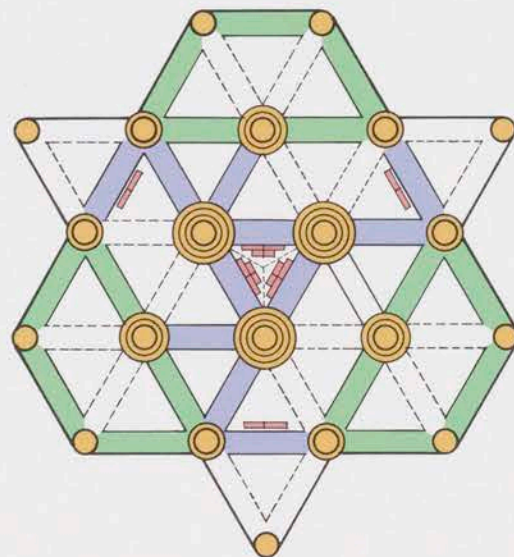
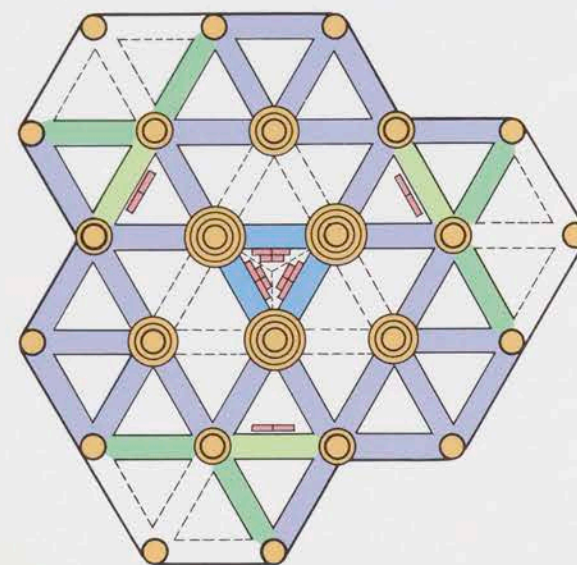
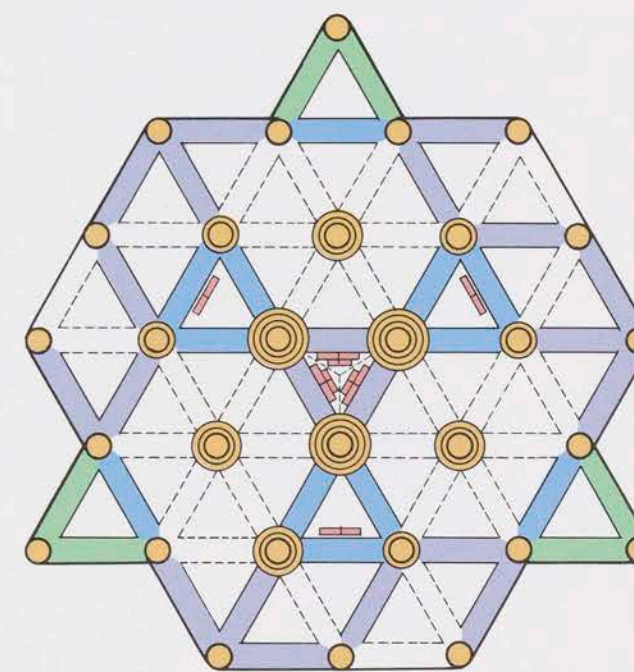
- 居住空間（住宅・ホテル）
- 業務空間
- 文化・商業・娯楽空間
- 公共空間（パブリック・サービス）
- スーパーストラクチャー
- リニアモータ・エレベータ

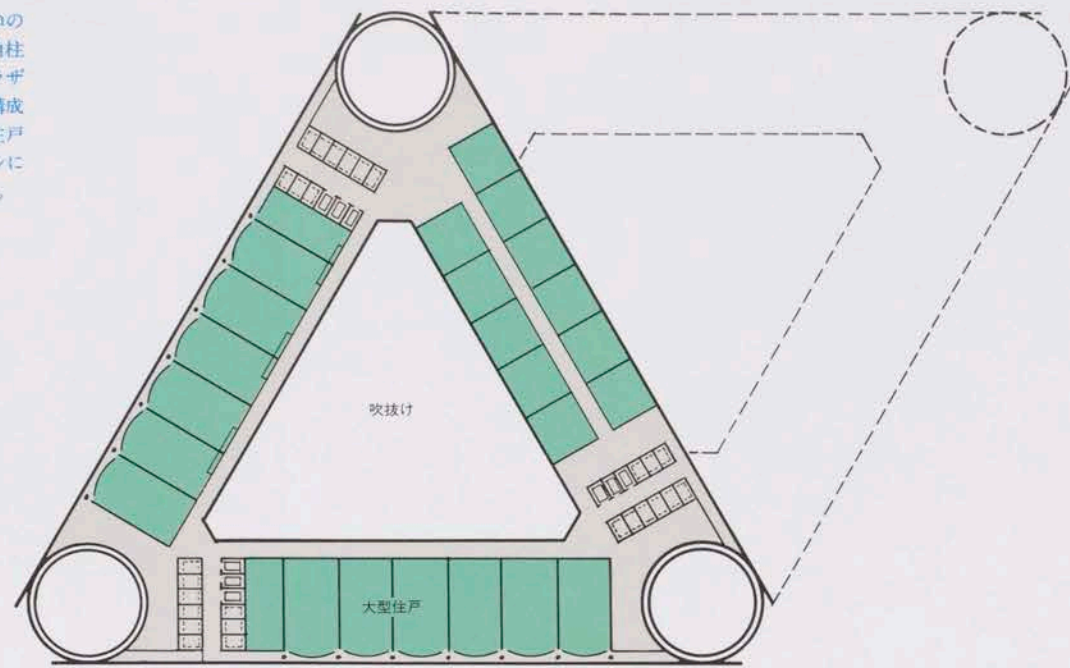
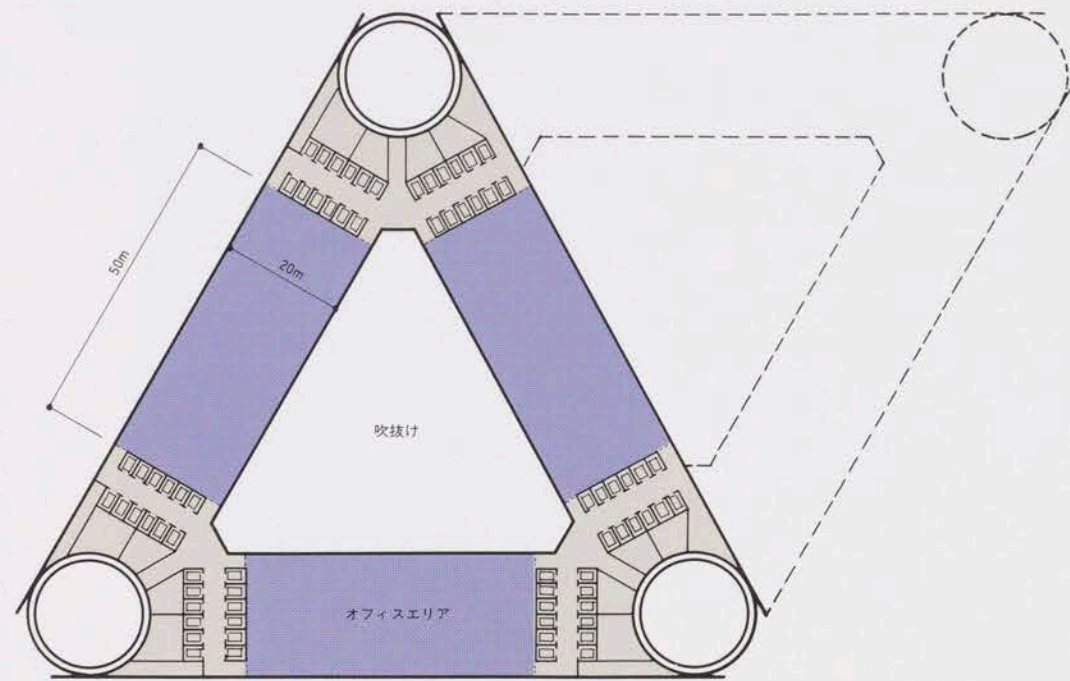
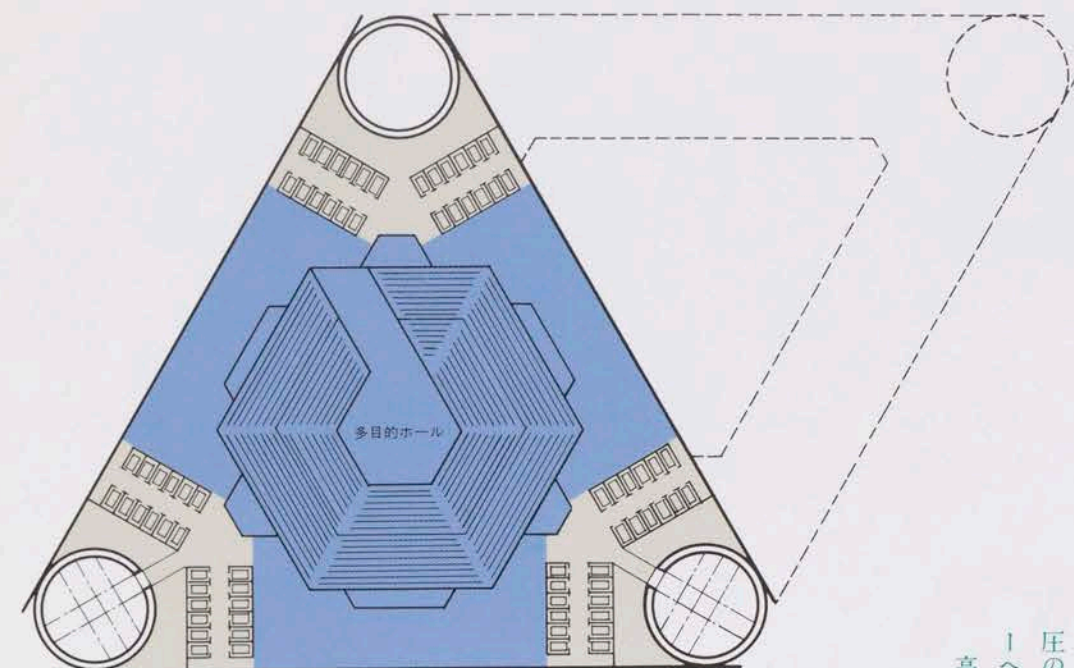
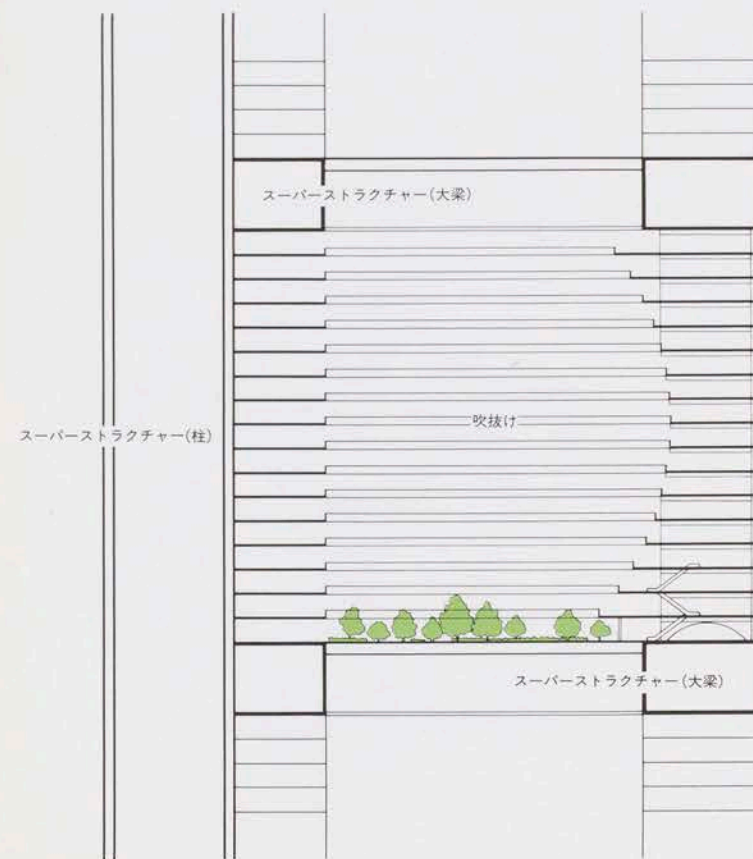
数値は地上からの高さを示す。

1,880m

1,080m

920m

440m

360m

1,560m

1,400m

760m

600m

200m

40m

基本ユニットは、大吹抜けを囲む一辺100mの正三角形平面で、立体的に高さ80mの三角柱となっている。吹抜け部分のアトリウムプラザは、自然光を採り入れた緑あふれる空間で構成され、そのまわりを17階建のオフィスや住戸がとり囲む形となっている。人工地盤レベルには多目的ホールなどの大空間も配置される。

居住空間

業務空間

文化・商業・娯楽空間

アトリウム断面図

③午後一時……
アフタヌーン・ウインド

風が出てきた。

高度二〇〇〇メートルの上空では、夏季には平均風速七〜八メートル/秒、冬季には一二〜一三メートル/秒の風が吹いている。

エアロポリスの中にいるとあまり感じないが、建物の随所に設置された各種のセンサーが、微妙な風圧の変化や振動を感じとり、コントロール・センターへと情報を送ってくる。

高さ二〇〇一メートルという人類がかつて創造したことのない建築物に対し、外力はどのように作用するのだろうか。風による振動や変形、地震による揺れ、日射による熱応力やねじれ……建物を取り巻く環境は、超々高層になればなるほどきわめて厳しい。また、建物の自重も膨大なものであり、構造に多大な影響を与える。

エアロポリスは、これらの条件をスタディし、十分にクリアできる構造となっているが、コントロール・センターでは長期にわたるメンテナンスに備えて、たえず情報を収集し、コンピュータ解析によってより快適な居住性と高い安全性を追求している。

構造概念図

全体構造の背骨となるスーパーストラクチャーは、１辺100mの正三角形の頂点に位置する円柱と、高さ80mごとに設けられた大型梁とで構成される。円柱は外径20～50m、大型梁は梁成12m梁幅20mであり、いずれも最大板厚200㎜の鋼板を殻状に組み立てる。
スーパーストラクチャー内部に組み込まれたサブストラクチャーは、１ユニットで17階建の高層ビルに相当する。柱は外縁のみに配置し、20mスパン×100mの空間を提供する。

スーパーストラクチャーとサブストラクチャー

エアロポリスの主構造は、スーパーストラクチャー（巨大架構方式）である。これは、構造体全体を平面的、立体的に大きく分割し、その各部分が大架構として外力（風荷重、地震荷重など）に抵抗するようにした構造形式であり、超々高層建築物にはもっとも適している。エアロポリスの場合、一辺一〇〇メートルの正三角形の各頂点にある三本の円柱と、高さ八〇メートルごとに設置される大型梁とからなる鉄骨造のスーパーストラクチャーであり、これが構造上の背骨ということができる。

このスーパーストラクチャーに、八〇メートルを一ユニットとして業務、居住、商業スペースなどに利用するサブストラクチャーを組み込み、全体を構成した。一ユニットのサブストラクチャーは、大型の吹抜け空間を構成し、二〇階分のビルを合わせた規模に相当する。

また、今回の試算では、建物全体の固有周期は一五～二〇秒であり、これに局部的な固有周期一秒のサブストラクチャーを組み込むことにより、全体に一種の免震効果をもたせ、居住性を高める設計をおこなった。

スーパーストラクチャーを構成する柱は、外力による変形を抑える必要から、頂部で直径二〇メートル、脚部で直径五〇メートルの円形鋼管とし、また、梁成は一二メートルとした。構成材料は、五〇キロ級の高張力鋼とし、板厚は二〇〇ミリメートル以下のものを使用することとした。今後、より強い鋼材や、しなやかで軽い仕上げ材料など、新素材の開発により、より合理的な設計が可能となるであろう。

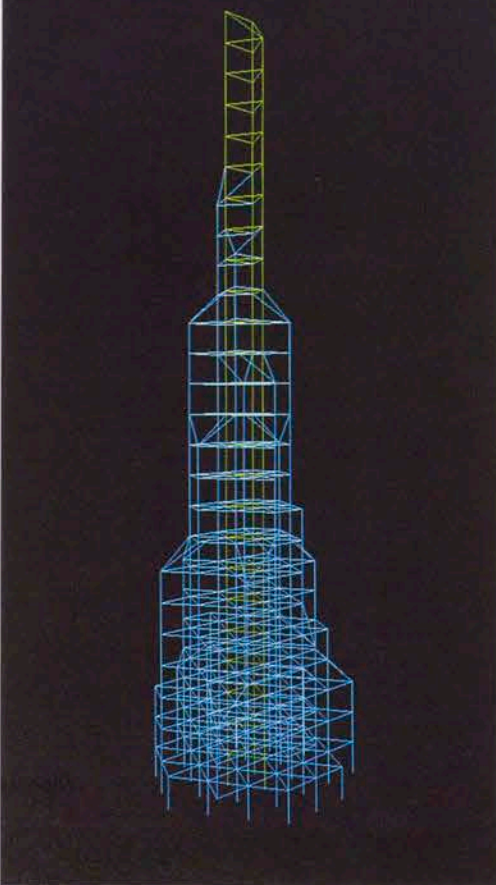
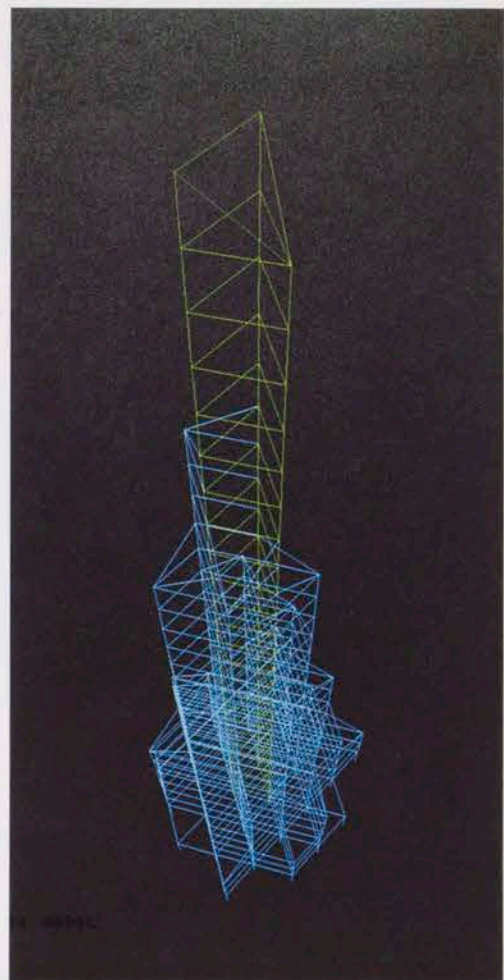
なお、柱や大梁の内部空間は、非常用エレベータをはじめとした設備用スペースとして利用できるよう配慮してある。

コンピュータ・グラフィックスで描いた
スーパーストラクチャー

構造計画の検討要素

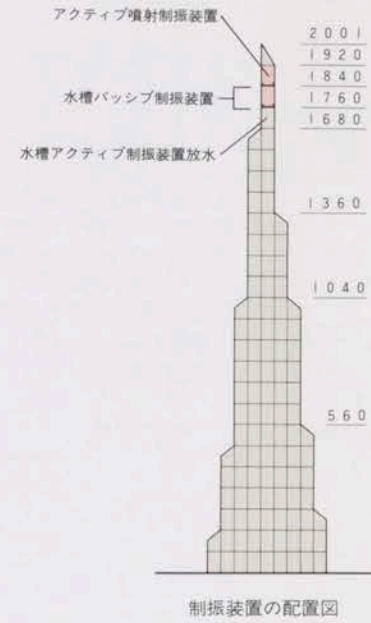
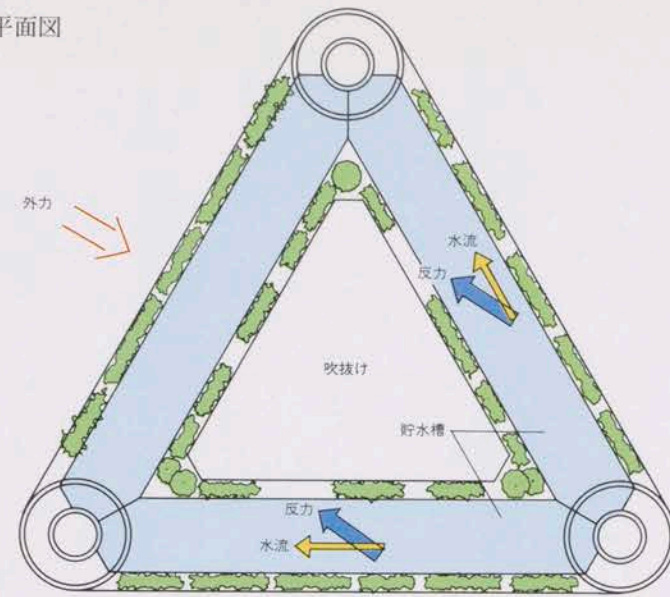
エアロポリスの構造計画を立てるにあたり、地盤、そして地震荷重、風荷重、制振手法などについて検討をおこなった。

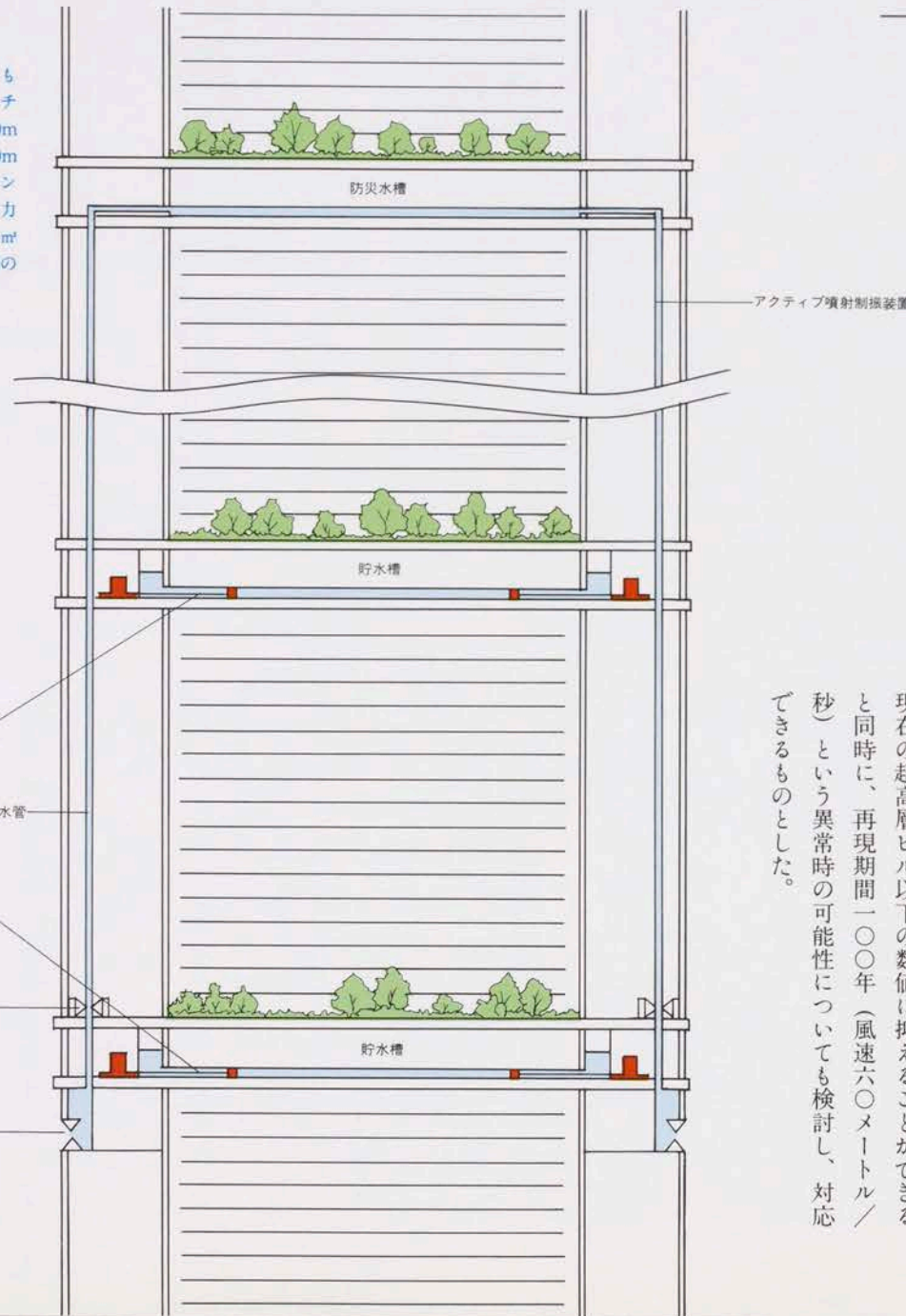
地盤は、支持層を固結した礫層とし、それより浅い地層は比較的軟弱であることから、改良を加えることとした。

地震に対する安定性については、通常の高層ビル設計に使用される大規模地震波を用いて検討した。

その結果、スーパーストラクチャーには十分な強さがあり、地震で生じる変形も小さいことを確認した。また、当該敷地における五〇年の再現期間の地震に対し、建物は地震終了時にかならず原状を回復するように設定した。さらに関東大震災の復元地震波（早稲田大学理工学研究所・風間了教授による）を用いたシミュレーションをおこない、巨大地震にも十分に耐える設計となっている。

制振用貯水槽(PSS及びASS)の配置平面図

水槽パッシブ制振システム（PSSシステム）
高さ1,840mと1,760mの位置の大梁内部に、両端に立上がりをもつ貯水槽を設置する。建物が揺れを起こした場合、貯水槽内の水もまた建物周期に同調して運動をはじめるように設計すると、水の慣性力が外力を打ち消す方向に作用する。この制振システムにより、再現期間５年の振動に対し、最大10ガル(１ガルは重力加速度の980分の1)の揺れに抑えることができる。

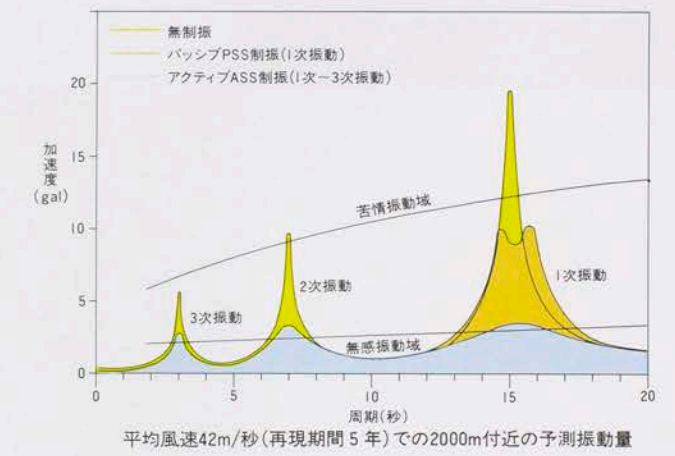
水槽アクティブ制振システム(ASSシステム)
PSS制振システムに駆動装置を取り付け、水の運動を制御し、再現期間100年までの制振をおこなう。水の運動を増幅させ(逆にいえば減衰力を高め)、二次振動、三次振動に対しても水の反力を利用して制振する方法である。

アクティブ噴射制振法（AFSシステム）
100年を遙かに超える期間に一度起こるかもしれない異常時を想定し、スーパーストラクチャーの大変形にも対応するため、高さ1,920m~1,760mの位置の３本の円柱内に、高さ160mの細長い導水管を設置し、下部の水門からコンピュータ制御により水を噴射し、制振の推進力を得るシステム。16気圧の水を開口面積１㎡の水門から吹き出すと、ジャンボジェット機の推力以上の力が発生し、揺れを抑制する。

制振装置の配置図

水力推進装置、制振用貯水槽の配置断面図

制振情報源想定図

制御方法概念図

茨城県筑波・舘野で観測された上空の月平均風速の変化

茨城県筑波・舘野で観測された上空の月平均気温の変化

平均風速42m/秒(再現期間５年)での2000m付近の予測振動量

耐風設計について

エアロポリスの構造計画を立てる上で、風の影響はきわめて大きな要素のひとつである。風により生じる振動には、風の乱れによる振動、構造物の背後に周期的に発生する渦による振動、そして不安定な空気力による自励振動などがある。また、振動だけでなく、建物の平均的な変形も考慮すべき要素となる。

これらを検討するために、今回は気象庁高層気象観測所による茨城県筑波・舘野の観測データを参考とした。このデータに基づき、各種スタディをおこない、スーパーストラクチャーの構造設計用の風荷重を、単位面積当たり一トン／㎡相当（再現期間二〇〇〇年程度）と設定した。

なお、風による振動は地震とは異なり、長時間持続するために船酔い現象が予測される。この対策として、次のような制振システムを導入した。

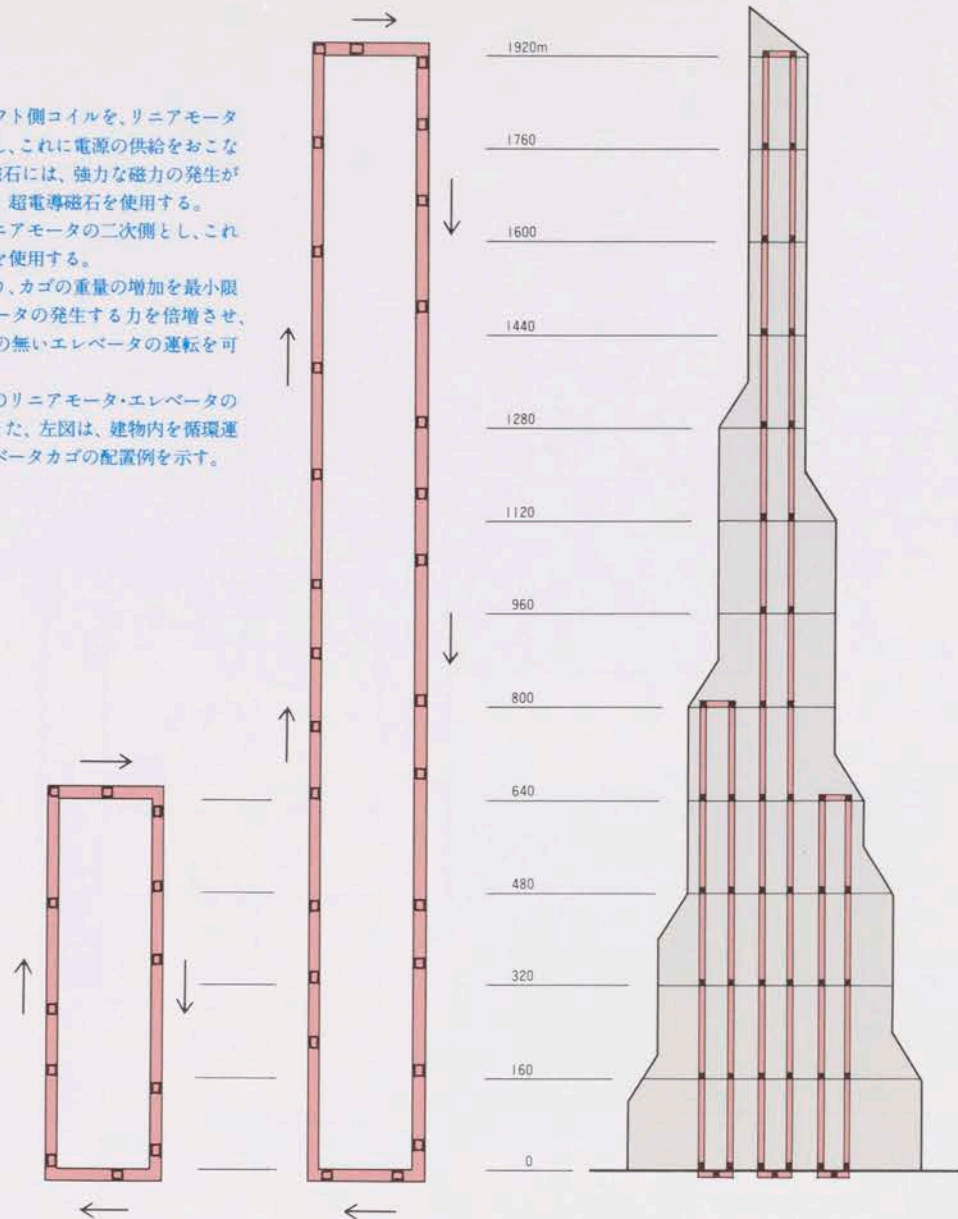
制振システムについて

エアロポリスの場合、オフィスばかりでなく、住宅、ホテル、病院などの施設もふくまれるため、とくに快適な居住性を保つことに重点を置き、制振のシステムを検討した。

高度二〇〇〇メートルにおける平均風速は、前述した通り夏季の南風で七~八メートル／秒、冬季の北風で一二~一三メートル／秒である。この平均風速から予測される揺れに対しては、建物の形状を工夫し、また全体の剛性を高めることにより、一次周期の頂部付近でも変位が三~六センチメートル（加速度では〇・五~一ガル）程度に抑えることができた。これは、年間を通してほとんど揺れを感じないレベルであり、問題とはならない。ただし、春一番や台風などの強風時には、揺れが大きくなると予測されるので、制振をおこなって居住性を高めることとした。

その結果、図に示したように「水槽パッシブ制振システム」「水槽アクティブ制振システム」「アクティブ噴射制振法」の三手法を採用した。

これらのシステムを導入することにより、再現期間五年（風速四二メートル／秒）の揺れに対しては、現在の超高層ビル以下の数値に抑えることができると同時に、再現期間一〇〇年（風速六〇メートル／秒）という異常時の可能性についても検討し、対応できるものとした。

エレベータシャフト側コイルを、リニアモータの一次側磁石とし、これに電源の供給をおこなう。また、この磁石には、強力な磁力の発生が要求されるため、超電導磁石を使用する。
カゴ側磁石をリニアモータの二次側とし、これには希土類磁石を使用する。
上記の方法により、カゴの重量の増加を最小限にし、リニアモータの発生する力を倍増させ、つりあいおもりの無いエレベータの運転を可能とさせた。
右図は、建物内のリニアモータ・エレベータの停止階を示す。また、左図は、建物内を循環運転しているエレベータカゴの配置例を示す。

リニアモータ・エレベータ系統図

エアロポリスの主な設備

リニアモータ・エレベータ

エレベータの技術とエレベータ・シャフトの面積とは、高層建築の発展と密接な関係を保ってきた。建物が高層化するにはエレベータが不可欠だが、同時にある程度以上に高層化が進むとエレベータの数が増大し、エレベータ・シャフトの占める面積が膨大なものとなる。一九二〇年代にジョン・ラーキンが考案したダブルデッキ・タイプのエレベータや、現在ニューヨークのワールド・トレード・センターなどで採用されているスカイロビー方式（途中階でエレベータを乗り換える）は、こうした懸案の解決策のひとつであった。

エアロポリスでは、リニアモータによるシャトル・エレベータを幹線とし、さらに従来型のロープ式のローカル・エレベータを併用するシステムにより、エレベータ・シャフトの専有面積を全体有効面積の二〇%とした。これは通常の六〇階建てのビルと同等の比率である。

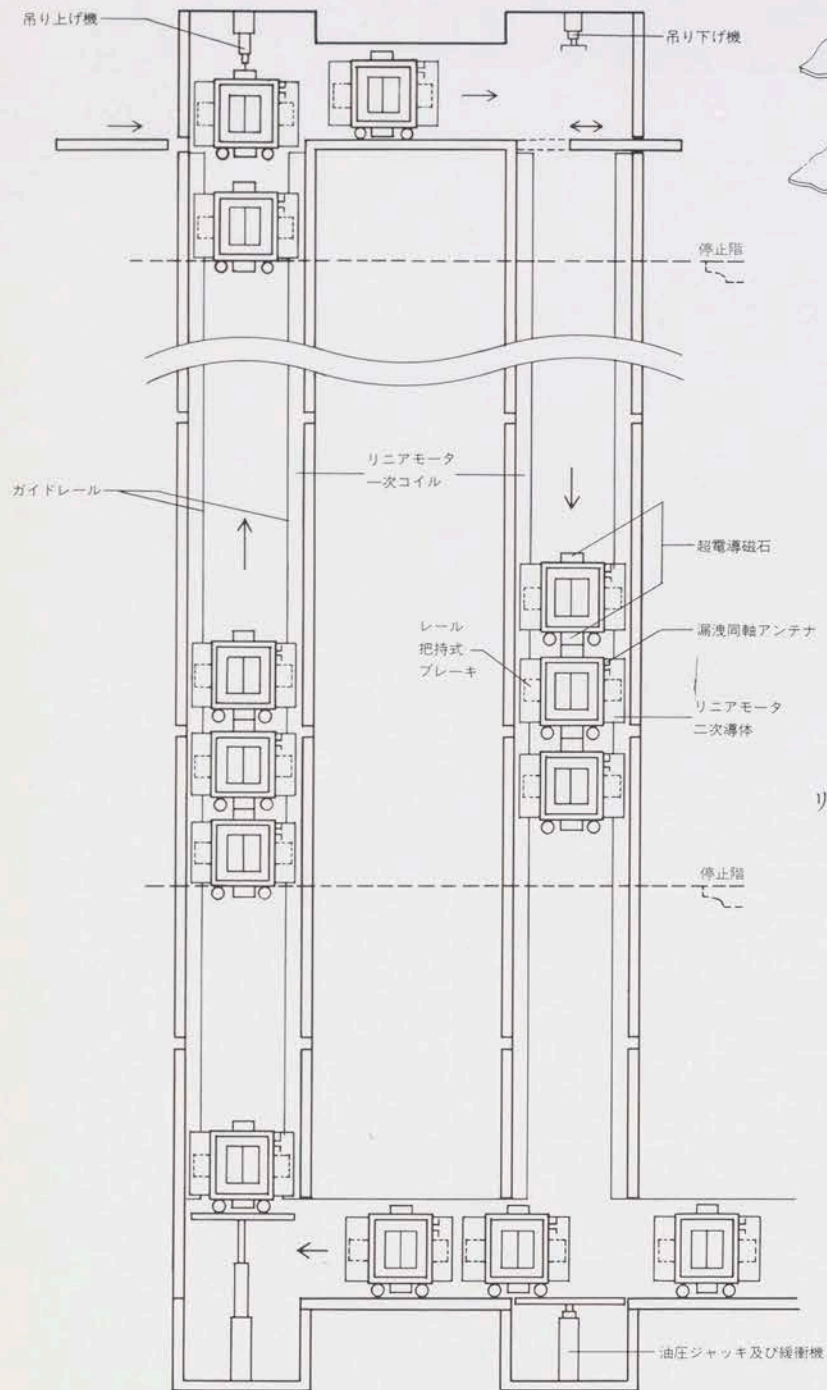
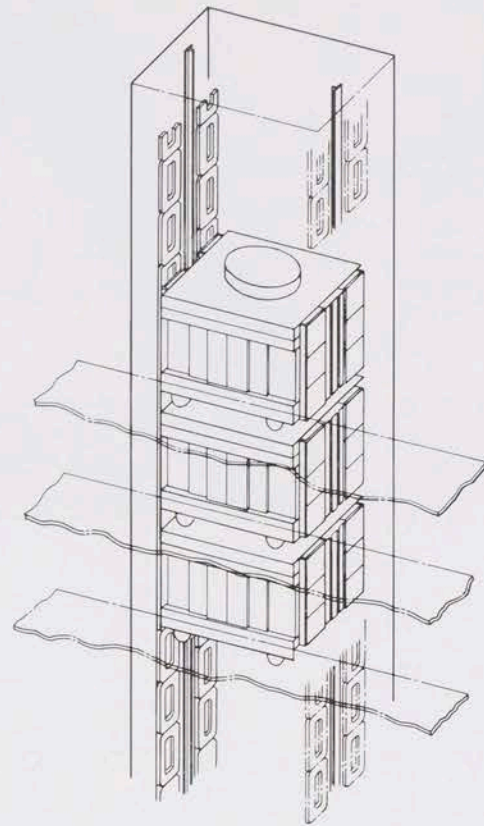
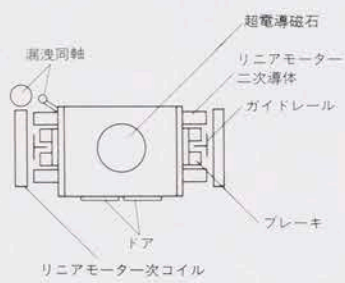
また、リニアモータ・エレベータは上昇時に大きな電力を必要とするが、これについては下降時の回生電力を利用して省エネルギー化を図り、消費電力は全体で一万五〇〇〇キロワットに抑えた。

防災シェルター

エアロポリス内は、高さ八〇メートルを単位に構成されているが、防災上はこれを独立した一ゾーンとして想定した。各ゾーンの最下層三階分は、耐火壁と超耐熱ガラスに覆われたシェルター空間とし、上下階で火災が発生した場合でも延焼や煙汚染を完全にシャットアウトして、ゾーン内の住民の安全な避難場所として機能させることができる。シェルター内には防災センターを置き、常時、監視体制をとるが、かりに初期消火に失敗した場合でも消火ロボットを専用シャフト経由で急行させ、効果的な消火活動をおこなう。また、シェルター内は日常的には人工庭園やスポーツ施設として一般に開放されている。

エネルギーシステム

建物内（オンサイト）発電と、発電排熱の徹底利用により、高い総合効率を達成する。具体的には、⊙パイプラインのLNGを使用する燃料電池で発電を行い、消費電力の大半を賄う。⊙夜間の余剰電力を地下の超電導電力貯蔵システムに貯え、昼間のピークカットに利用する。⊙燃料電池からの高温排熱（摂氏一二〇度）により海水の淡水化プラントを稼働し、全飲料水を供給する。⊙淡水化プラントの排水（摂氏四〇度）はヒートポンプで昇温し、給湯、暖房に利用する。⊙燃料電池の低温排熱（摂氏八〇度）は吸収式冷凍機の熱源として冷房に利用する。

縦方向の移動時は、超電導磁石により連結された3台のエレベータが1組となり、上昇、下降運転をする。このとき、連結用として使用されていないカゴ上部又は下部の超電導磁石は、上下カゴ追突防止用のバッファとして働く。また、エレベータカゴの制御用として、漏洩同軸ケーブルを使用する。さらに万が一のリニアモータの故障時のカゴの落下防止用として、ガイドレールに沿って、ブレーキが設置されている。なお、シャフト下部の一端の延長部は、間引き運転時のカゴの待機場所として、または、カゴのメンテナンスの時に使用する。

リニアモータ・エレベータ概念図

リニアモータ・エレベータ(カゴ)上面図

リニアモータ・エレベータ運転イメージ図

④午後五時二〇分……
シャトル・エレベータ

夕日に照らされて薄紅色に染まったアトリウムを、シャトル・エレベータが流れるように降りていく。

エアロポリス地下駅へと急ぐビジネスマン、地上部にあるヨットハーバーからサンセット・クルージングに出かけようというDINKS、帰国する外国企業の研究員、夜のディズニーランドへ向かう観光客などで、エレベータの中はかなりの賑わいだが、それでもまだ余裕がある。

エアロポリスの幹線交通システム、シャトル・エレベータは、その名の通り建物の中を常に循環している。定員一〇〇名のデッキを三台連結したトリプルデッキ・タイプは、バスを三台並べたのと似ている。運転間隔は二分。一六〇メートルごとに停車し、地上階から最上階までを片道一五分で昇降する。駆動力には、世界でもはじめてのリニアモータを使用している。スピード的にはもっと早く運行することも可能だが、人間が二〇〇一メートルの高さを快適に昇り降りするには、生理学的にもある程度の時間を必要とする。

シェルター空間は他の部分と、火・煙に対して二重以上に区画されている。特に煙に対しては非常時になると、附室とシェルター空間の圧力を高めることにより、他の部分からの流入を完全に防止する。また消火ロボットは赤外線による「目」を持っており、リモコンで出火地点まで接近して効果的な消火をおこなう。いうなれば「不死身の消防士」にたとえることができる。また、エレベータに関しては、図のように、エスカレータと組み合わせることにより、リニアモータ・エレベータとローカルエレベータの乗り換えがスムーズにおこなえるよう計画した。

エレベータ配置図及び防災空間平面図

防災空間及びエレベータ乗り換え概念図

さらに超々高層部における外気の低温を利用した夏季の外気冷房システムや、可燃ゴミの焼却、排熱利用システムなどにより、一層の省エネルギーをめざした。

給排水システム

上水（飲用）系統は、海水を淡水化して使用する。また、排水を浄化し再利用する中水システムを導入し、外部からの給水量をできるだけ抑え、建物外への排水量も低減する。さらに、雨水利用や住宅の浴槽水の循環利用など、水の有効利用システムを採用した。

情報システム

建物内では、ディジタルによる音声、データ、画像の情報交換サービスや情報蓄積サービス、VAN、CATVなどの各種サービスをおこなう。また、オフィスでは端末機器の接続は無線LANなどによりワイヤレス化した。さらにショッピングや防犯用に、建物内の共通IDカードシステムを採用し、二ゾーン（一六〇メートル）ごとに設置する都市及び通信管理センターで処理する。

東京テレポートとはマイクロ波回線により、また衛星通信用にはパラボラアンテナを設置し、さらに海底トンネルに光ファイバーを敷設して域外との接続をおこなう。

採光・緑化システム

採光は、最頂部の天窓及び高さ八〇メートルごとに外周部側窓としてフレネルプリズムを数フロアにわたって使用し、昼光を効果的に導入する。また、天候が悪い場合には補助光として色温度の低い高圧ナトリウムランプによる人工照明をおこなう。

緑化はバイオテクノロジーによって五〇〇ルクス程度の低照度下でも育成のできる植物を中心とし、照度が不足する個所では人工樹木とした。

基礎部平面図

自動車道トンネル断面図

高速鉄道トンネル断面図

基礎部標準断面図

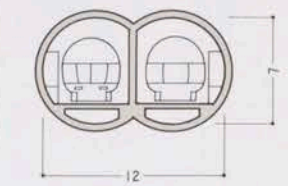
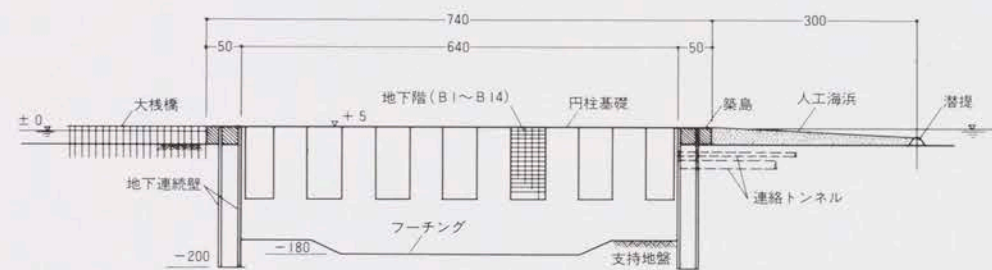
（単位・m）

⑤午後一〇時……オン・ザ・ビーチ

淡いグリーンのライトにほのかに照らされた砂浜を、夜の風がわたっていく。

二〇〇一メートルの空中都市の足元、東京湾のまん中に生まれた小さな渚には、この時間、恋人たちの姿しかない。海をへだてて眺める都心の夜景、夜の海を音もなくすべってゆく船の灯り……ここはいまロマンチックなアーバン・ビーチとして、ウォーターフロントのデート・スポットとなっている。

この渚は、エアロポリスの基礎工事によって生じた土砂を利用した、人工海浜なのである。

下部工及び関連施設

基礎部の工事については、次のような概略でおこなうこととした。

- 支持地盤は固結した礫層で、許容支持力は基礎上面及び下面において、それぞれ四〇〇トン／㎡を想定した。
- 支持層の確認及び高品質コンクリート打設のため、ドライアップにより確実な基礎の施工をおこなう。
- 地下連続壁を組み合わせた土留壁を構築し、大深度掘削をおこなう。
- スーパーストラクチャーを支える大型円柱を先行して構築し、建築工事の開始時期を早める。

なお、アクセスについては、立地構想の章で述べた通りのプランであり、既存の航路の障害とならないように地下トンネルを掘削するが、このトンネルは建築工事の資材運搬などにも使用するものとした。また、地下部には、鉄道のターミナルと、高速道のランプを設けた。

三、『エアロポリス二〇〇一』の施工計画

自動施工システム概念図

Ⓐ柱構築システム
柱は、油圧ジャッキにより上昇する自動構築プラントで組み立てる。このプラントは自動制御された各種ロボットを装備しており、自動搬送パレットで揚重された部材の取付溶接・検査・塗装などを一貫しておこなう。

Ⓑ大梁自動構築システム
大梁は搬送ロボット及び溶接ロボットを組み込んだ組み立て装置により、下階大梁上で地組みする。組み立てを完了した大梁は同装置により80mクライミングされた後、所定の位置に取り付ける。

Ⓒサブストラクチャー自動構築システム
梁、床、内外装、ユニット設備などは、大梁上にて組み立て、1階ごとにリフトアップする。このリフトアップのガイドレールとして利用されるサブストラクチャー柱は大梁のクライミング時に取り付ける。

Ⓓ自動搬送システム
膨大な資機材を迅速に供給するため、柱鋼管内部に設置されたガイドに沿って多数の自走搬走パレットが循環し、柱、大梁、サブストラクチャー部材を搬送する。

エアロポリスは、あらゆる点で従来の建築物の常識を凌駕している。高さ二〇〇一メートル、有効床面積一一〇〇万平方メートルもの巨大建築は、施工面からみてもまさに都市を建設するに等しい。かりに、通常のビル建設工事と同じスピードで施工すれば、おそらく一〇〇年以上の工期を必要とするであろう。アントニオ・ガウディのサグラダ・ファミリア教会のように、果てしなく建設を続けることになるかもしれない。

「エアロポリス2001」建設工事工程表

しかし、今回は、現代の最先端建設技術を駆使すると同時に、近未来的な考え方も加味し、もっとも短期間で施工するケースを想定した。

①工程計画

全体工期は二五年とした。そのうち、基礎工事七年(一部は一二年)、地上建築工事一八年と設定したが、これでも通常の施工スピードと比較すると八～一〇倍の速さである。また、全体工期を三期に分け、完成した下層部より順次オープンする形態をとり、効率よく利用できるように配慮した。第一期は一五年(高さ三二〇メートルまで)、第二期は二〇年(高さ九六〇メートルまで)、第三期は二五年(高さ二〇〇一メートルまで)である。

この工程を達成するために、次のような要件を設定した。

●各部製品の製作能力と資機材の運搬揚重能力を高め、現場組立作業用AI(人工知能)ロボットを開発する。

●上空の天候に工程が影響を受けやすいので、組立プラントは風雨から防護し、全天候型で作業を進めるようにする。

●現場作業のスピードアップのため、工場において大型プレハブ化とユニット化をできる限りおこなう。

●スーパーストラクチャーの鉄骨重量が、全鉄骨重量の約九〇%を占めるため、工程上スーパーストラクチャーの構築は実働二〇日/月として、平均五〇〇〇トン/日のペースで進める。

②施工計画

施工現場に中央制御室を設置し、膨大な量の資材や大型プレハブ化製品の搬入、揚重をコントロールする。現場の構築作業は、効率化と品質の安定化、さらに安全性を高めるため、制御室からの指令で各種ロボットを作動させ、無人化で組立をおこなう。

また、各種ロボットから集積したデータをコンピュータで解析し、工程、品質面をコントロールする。

揚重設備については、工程上大きな影響を与えるので、一〇〇トンの積載能力をもつ自動搬送パレットを柱内に循環させ、鉄骨、設備機材、仕上材などを揚重する。

なお、施工計画の概要と工程表は、図に示した通りである。以上の方法で施工を進めたとして、『エアロポリス二〇〇一』の工費を、次のように見積った。

総工費　四六兆六、三〇〇億円
●土木工事　六兆八、〇〇〇億円
●上部建築工事　二五兆三、八〇〇億円
●設備工事　一四兆四、五〇〇億円

作業を終えて

まもなく迎える二一世紀が、光輝くものであってほしい……そんな願いをこめて、プロジェクトチームのスタッフは作業を進めた。情報・通信・交通・エネルギー、教育・文化・スポーツ・福祉などに関するインフラと建築とを吸収総合した国際都市、それを高さ二〇〇一メートルに凝縮したシンボリックな未来の空中都市、それがエアロポリスである。

オフィス、住宅に未来型の快適な空間と安全性とを供給し、空中都市における新しいライフ・イメージを創造するエアロポリスは、スケールの大きさでは比類のない「夢の建築」ともいえる。けれども、その計画にあたっては、都市と建築のひとつの理想を求めつつ、現在の最新技術と日進月歩の科学・技術の延長上で十分に建設可能なものとなるよう心掛けた。

東京に代表される過密都市の問題を解消し、今後、ますます求められるあらゆる面でのグローバリゼーションに対応するひとつの姿として、『エアロポリス二〇〇一』構想が、未来への架け橋となればと願っている。